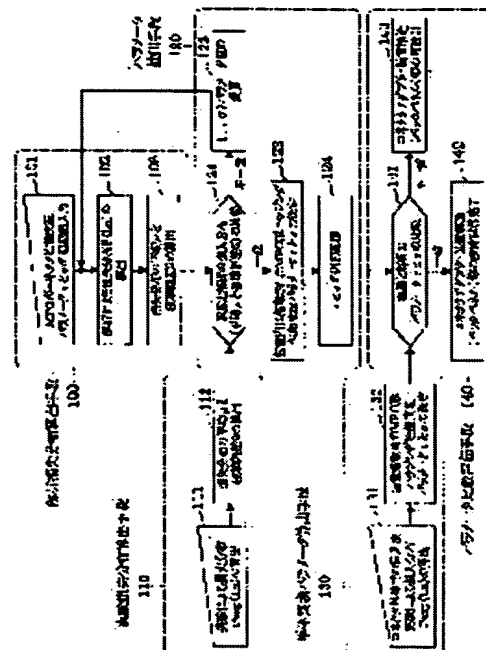


(11)Publication number : 2002-243587
(43)Date of publication of application : 28.08.2002

G01M 11/02
G02B 6/38

(72)Inventor : KOIKE SHINJI
ARAI YOSHIMITSU

SOLUTION: The average μ and standard deviation S of the total connection loss distribution obtained by an analytic loss distribution calculating means 100 by use of prescribed performance control parameters ϵ ; and σ are compared with the average μ and standard deviation of the total connection loss distribution obtained by an experimental loss distribution calculating means 110 on the basis of experimental results by a parameter comparing means 12 to extract the performance control parameters ϵ ; and σ where the both are matched with each other.



[Date of extinction of right]

<http://www19.ipdl.ncipi.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAA0NaOtLDA414243587P1.htm> 2006/04/07

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-243587
(P2002-243587A)

(43) 公開日 平成14年8月28日 (2002.8.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ノート* (参考)
G 0 1 M 11/02		G 0 1 M 11/02	J 2 G 0 8 6
G 0 2 B 6/38		G 0 2 B 6/38	2 H 0 3 6

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-39739(P2001-39739)

(22) 出願日 平成13年2月16日 (2001.2.16)

(71) 出願人 000004276

日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 小池 真司

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 住
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 新井 芳光

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 住
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

Fターム(参考) 2G086 KK02

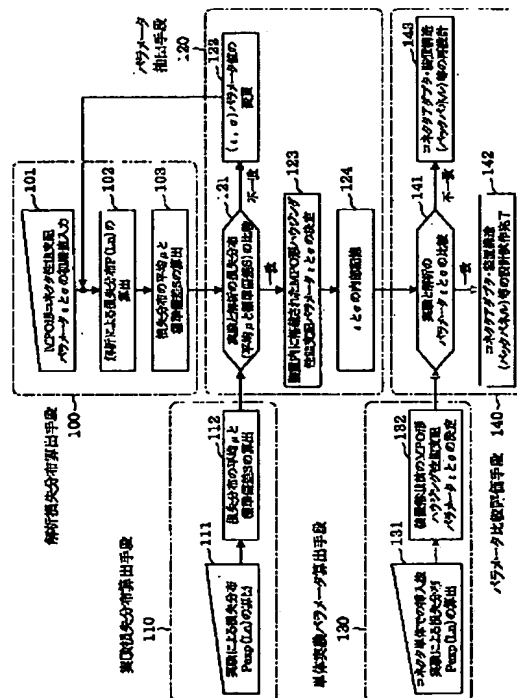
2H036 QA01 RA32

(54) 【発明の名称】 光接続損失評価方法、そのプログラムおよび記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 装置内多段接続経路における所望の光接続部での光接続損失を評価できるようにする。

【解決手段】 所定の性能支配パラメータ ϵ および σ を用いて解析損失分布算出手段100で得られた総接続損失分布の平均 μ および標準偏差 S と、実験結果に基づき実験損失分布算出手段110で得られた総接続損失分布の平均 μ および標準偏差とをパラメータ抽出手段120で比較し、両者の一致が見られる性能支配パラメータ ϵ および σ を抽出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 通信装置内で n (n は2以上の整数)段、接続された光ファイバ配線経路のうち、 m ($m=1, 2, \dots, n$)段目の光接続部における光接続損失を評価する光接続損失評価方法において、
 k ($k=1, 2, \dots, n$)段目の光接続部における光接続損失を Z_k 、その光接続損失分布を $P_k(Z_k)$ とし、

$$Q_1(L_1) = P_1(L_1)$$

$$Q_2(L_2) = \int_0^{L_2} Q_1(L_1) P_2(L_2 - L_1) dL_1$$

$$Q_3(L_3) = \int_0^{L_3} Q_2(L_2) P_3(L_3 - L_2) dL_2$$

$$\vdots$$

$$Q_{n-1}(L_{n-1}) = \int_0^{L_{n-1}} Q_{n-2}(L_{n-2}) P_{n-1}(L_{n-1} - L_{n-2}) dL_{n-2}$$

$$Q_n(L_n) = \int_0^{L_n} Q_{n-1}(L_{n-1}) P_n(L_n - L_{n-1}) dL_{n-1}$$

とし、

i ($i=1, 2, \dots, n$ かつ $i \neq m$)段目の光接続部における既知の光接続損失分布 $P_{exp}(L_i)$ と、すべての光接続部を含む既知の総接続損失分布 $Q_{exp}(L_n)$ とに基づいて、 $Q_{exp}(L_n)$ に $Q(L_n)$ が一致するような $P_n(Z_n)$ を導出する性能支配パラメータ $\sigma_{(n,1)}, \sigma_{(n,2)}, \dots, \sigma_{(n,j)}$ を決定することにより、 m 段目の光接続部における光接続損失を評価することを特徴とする光接続損失評価方法。

【請求項2】 請求項1記載の光接続損失評価方法において、

前記光接続部がMU (Miniature-Unit coupling) 形光

$$P(Z_{MPO}) = \frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sigma_b^2 \sqrt{L_0}} \cdot \exp \left\{ - \left(\frac{\varepsilon^2}{2\sigma_a^2} + \frac{\omega^2 \cdot Z_{MPO}}{2\sigma_b^2 L_0} \right) \right\} \\ \times \int_0^\infty r \cdot \exp \left(- \frac{r^2}{2\sigma_a^2} \right) \cdot \exp \left(- \frac{r^2}{2\sigma_b^2} \right) \cdot I_0 \left(\frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sqrt{L_0}} \cdot r \right) \cdot I_0 \left(\frac{\varepsilon}{\sigma_b^2} \cdot r \right) dr$$

を用いることを特徴とする光接続損失評価方法。

【請求項4】 通信装置内で多段接続された光ファイバ配線経路のうち、所望の光接続部における光接続損失を評価する光接続損失評価処理を、コンピュータに実行させるためのプログラムにおいて、
 コンピュータが読み取り可能な第1のデータベースに格納されている所望の光接続部に関する性能支配パラメータに基づいて、前記性能支配パラメータを持つ関数モデルから得られた所望の光接続部の損失分布と、コンピュータが読み取り可能な第2のデータベースに格納されている所望の光接続部以外の光接続部に関する既知の損失分布とを用いて、多段光接続全体の損失分布を算出し、その損失分布の平均と標準偏差とを算出する第1のステップと、

光接続損失分布 $P_k(Z_k)$ が j (j は正整数)個の性能支配パラメータ $\sigma_{(k,1)}, \sigma_{(k,2)}, \dots, \sigma_{(k,j)}$ を持つ関数モデルでモデル化されるものとし、 $1 \sim k$ 段目までの光接続損失合計 $L_k (=Z_1 + Z_2 + \dots + Z_k)$ の接続損失分布 $Q_k(L_k)$ を、

【数1】

コネクタの場合、前記関数モデルとして、

【数2】

$$P_{mu}(Z_{MU}) = \frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \exp \left(- \frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \cdot Z_{MU} \right)$$

を用いることを特徴とする光接続損失評価方法。

【請求項3】 請求項1記載の光接続損失評価方法において、

前記光接続部がMPO (Multifiber Push-On) 形光コネクタの場合、前記関数モデルとして、

【数3】

コンピュータが読み取り可能な第3のデータベースに格納されている実験結果に基づき多段光接続全体の損失分布を算出し、その損失分布の平均と標準偏差とを算出する第2のステップと、

上記各ステップで算出された2つの平均および標準偏差をそれぞれ比較し、これら2つの平均および標準偏差がそれぞれ一致するまで、所望の光接続部の性能支配パラメータを変更して前記第1のステップを実行して前記比較を繰り返す、

2つの平均および標準偏差がそれぞれ一致した場合は、そのときの所望の光接続部の性能支配パラメータを記憶部へ格納する第3のステップとを実行させるためのプログラム。

【請求項5】 請求項4記載のプログラムにおいて、

前記第1のステップでは、
前記光接続部がMU (Miniature-Unit coupling) 形光コネクタの場合、前記関数モデルとして、
【数4】

$$P_{mu}(Z_{MU}) = \frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \exp\left(-\frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \cdot Z_{MU}\right)$$

$$P(Z_{MPO}) = \frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sigma_b^2 \sqrt{L_0}} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{\varepsilon^2}{2\sigma_a^2} + \frac{\omega^2 \cdot Z_{MPO}}{2\sigma_b^2 L_0}\right)\right\} \\ \times \int_0^\infty r \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_a^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_b^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sqrt{L_0}} \cdot r\right) \cdot I_0\left(\frac{\varepsilon}{\sigma_b^2} \cdot r\right) dr$$

を用いて所望の光接続部の損失分布を算出することを特徴とするプログラム。

【請求項7】 通信装置内で多段接続された光ファイバ配線経路のうち、所望の光接続部における光接続損失を評価する光接続損失評価処理を、コンピュータに実行させるためのコンピュータで読み取り可能なプログラムが記録された記録媒体において、
コンピュータが読み取り可能な第1のデータベースに格納されている所望の光接続部に関する性能支配パラメータに基づいて、前記性能支配パラメータを持つ関数モデルから得られた所望の光接続部の損失分布と、コンピュータが読み取り可能な第2のデータベースに格納されている所望の光接続部以外の光接続部に関する既知の損失分布とを用いて、多段光接続全体の損失分布を算出し、その損失分布の平均と標準偏差とを算出する第1のステップと、
コンピュータが読み取り可能な第3のデータベースに格納されている実験結果に基づき多段光接続全体の損失分布を算出し、その損失分布の平均と標準偏差とを算出する第2のステップと、
上記各ステップで算出された2つの平均および標準偏差をそれぞれ比較し、これら2つの平均および標準偏差が

$$P(Z_{MPO}) = \frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sigma_b^2 \sqrt{L_0}} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{\varepsilon^2}{2\sigma_a^2} + \frac{\omega^2 \cdot Z_{MPO}}{2\sigma_b^2 L_0}\right)\right\} \\ \times \int_0^\infty r \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_a^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_b^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sqrt{L_0}} \cdot r\right) \cdot I_0\left(\frac{\varepsilon}{\sigma_b^2} \cdot r\right) dr$$

を用いて所望の光接続部の損失分布を算出するステップを実行させるためのプログラムが記録された記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光接続損失評価方法、そのプログラムおよび記録媒体に関し、特に通信装置内で多段接続された光ファイバ配線経路で所望の接続段における光接続損失を評価する光接続損失評価方法、そのプログラムおよび記録媒体に関するものである。

を用いて所望の光接続部の損失分布を算出することを特徴とするプログラム。

【請求項6】 請求項4記載のプログラムにおいて、
前記第1のステップでは、
前記光接続部がMPO (Multifiber Push-On) 形光コネクタの場合、前記関数モデルとして、
【数5】

それぞれ一致するまで、所望の光接続部の性能支配パラメータを変更して前記第1のステップを実行して前記比較を繰り返し、2つの平均および標準偏差がそれぞれ一致した場合は、そのときの所望の光接続部の性能支配パラメータを記憶部へ格納する第3のステップとを実行させるためのプログラムが記録された記録媒体。

【請求項8】 請求項7記載の記録媒体において、
前記第1のステップとして、
前記光接続部がMU (Miniature-Unit coupling) 形光コネクタの場合、前記関数モデルとして、
【数6】

$$P_{mu}(Z_{MU}) = \frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \exp\left(-\frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \cdot Z_{MU}\right)$$

を用いて所望の光接続部の損失分布を算出するステップを実行させるためのプログラムが記録された記録媒体。

【請求項9】 請求項7記載のプログラムにおいて、
前記第1のステップとして、
前記光接続部がMPO (Multifiber Push-On) 形光コネクタの場合、前記関数モデルとして、
【数7】

【0002】

【従来の技術】 光インターフェースを有する一般的な通信装置では、光ファイバの配線経路として図9に示すような経路が存在する。図9は通信装置における光ファイバ配線経路を示す説明図である。この通信装置1は、光デバイス9A、9Bが搭載された複数のボード（基板ユニット）3A、3Bから構成されており、各ボード3A、3Bがバックパネル5に装着されている。バックパネル5には、装置背面側から光ファイバ6への入力信号

を接続するためのMU (Miniature-Unit coupling) 形光コネクタ7A、およびこの光コネクタ7Aや各ボード3A、3Bの間を光ファイバ6で接続するためのMPO (Multifiber Push-On) 形光コネクタ4A、4Bが設けられている。

【0003】ポート3A、3Bに搭載されている光デバイス9A、9Bには、それぞれMU形光コネクタ7Bが設けられており、光ファイバ6を介してMPO形光コネクタ4A、4Bと接続されている。また、ポート3Aの装置前面側には、MU形光コネクタ7Cが設けられており、光ファイバ6を介して光デバイス9A、9BやMPO形光コネクタ4A、4Bと接続されている。これにより、装置前面から光信号が容易に取り出される。

【0004】このような通信装置1では、MPO形光コネクタ4A、4BやMU形光コネクタ7A～7Cを介して光ファイバが多様に多段接続されている。例えば、装置背面から入力されボード3Aの光デバイス9Aを経由せずに装置前面へ取り出される光信号の光ファイバ配線経路は、MU形光コネクタ7A→MPO形光コネクタ4A→MU形光コネクタ7Cという経路になる。

【0005】また、装置背面から入力されボード3Aの光デバイス9Aを経由して装置前面へ取り出される光信号の光ファイバ配線経路は、MU形光コネクタ7A→MPO形光コネクタ4A→光デバイス9A→MU形光コネクタ7Cという経路になる。一方、ボード3Bの光デバイス9Bからボード3Aの光デバイス9Aへ向かう光信号の光ファイバ配線経路は、光デバイス9B→MPO形光コネクタ4B→MPO形光コネクタ4A→光デバイス9Aという経路になる。

【0006】通信装置のバックパネルにおける光インタフェースでは、近年、多連の光コネクタの開発が活発化してきている。例えば、参考文献(2000年9月19日第6回OPT公開研究会資料「最近の光コネクタ技術」)のように、多種多様なコネクタ構成の提案がなされている。

【0007】この種のコネクタ構成では、装置内で光フ

$$Q_1(L_1) = P_1(L_1)$$

$$Q_2(L_2) = \int_0^{L_2} Q_1(L_1) P_2(L_2 - L_1) dL_1$$

$$Q_3(L_3) = \int_0^{L_3} Q_2(L_2) P_3(L_3 - L_2) dL_2$$

⋮

$$Q_{n-1}(L_{n-1}) = \int_0^{L_{n-1}} Q_{n-2}(L_{n-2}) P_{n-1}(L_{n-1} - L_{n-2}) dL_{n-2}$$

$$Q_n(L_n) = \int_0^{L_n} Q_{n-1}(L_{n-1}) P_n(L_n - L_{n-1}) dL_{n-1}$$

とし、 i ($i=1, 2, \dots, n$ かつ $i \neq m$) 段目の光接続部における既知の光接続損失分布 $P_{exp}(L_i)$ と、すべての光接続部を含む既知の総接続損失分布 $Q_{exp}(L_n)$ とに基づいて、 $Q_{exp}(L_n)$ に $Q(L_n)$ が

ファイバが多段接続されるため、ボードの挿入抜去や装置運用状態により、取り付けられたバックパネルのたわみ量に変化し、装置内部に取り付けられる新規の光コネクタ同士の嵌合状態に影響を及ぼし、人手であれば無理な接続が回避できるにもかかわらず、装置の機構、構造によっては無理な接続状態が発生しやすくなる。この結果、人手で挿入抜去して得られるコネクタ単独での評価と異なる結果が得られることになる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】多段接続された光ファイバ配線経路において、所望の光接続段でのコネクタ光接続損失の性能を把握する方法としては、反射減衰量等をモニタすることによって装置内に取り付けられた所望の光コネクタの光接続性能を評価することも考えられる。しかしながら、この方法によれば、装置内部に用いる光コネクタとして、コネクタ端面が斜め研磨された光コネクタを用いた場合には良好な反射減衰が確認されるのみで、コネクタ光接続損失の性能を十分把握することは困難であった。本発明はこのような課題を解決するためのものであり、装置内多段接続経路における光接続損失を評価できる光接続損失評価方法、そのプログラムおよび記録媒体を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明にかかる光接続損失評価方法は、通信装置内で n (n は2以上の整数) 段接続された光ファイバ配線経路のうち、 m ($m=1, 2, \dots, n$) 段目の光接続部における光接続損失を評価する光接続損失評価方法において、 k ($k=1, 2, \dots, n$) 段目の光接続部における光接続損失を Z_k 、その光接続損失分布を $P_k(Z_k)$ とし、光接続損失分布 $P_k(Z_k)$ が j (j は正整数) 個の性能支配パラメータ $\sigma_{(k,1)}, \sigma_{(k,2)}, \dots, \sigma_{(k,j)}$ を持つ関数モデルでモデル化されるものとし、 $1 \sim k$ 段目までの光接続損失合計 $L_k (=Z_1 + Z_2 + \dots + Z_k)$ の接続損失分布 $Q_k(L_k)$ を、

【数8】

一致するような $P_m(Z_m)$ を導出する性能支配パラメータ $\sigma_{(m,1)}, \sigma_{(m,2)}, \dots, \sigma_{(m,j)}$ を決定することにより、 m 段目の光接続部における光接続損失を評価するようにしたものである。

【0010】さらに、光接続部がMU形光コネクタの場合、前記関数モデルとして、
【数9】

$$P_{mu}(Z_{MU}) = \frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \exp\left(-\frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \cdot Z_{MU}\right)$$

$$P(Z_{MPO}) = \frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sigma_b^2 \sqrt{L_0}} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{\varepsilon^2}{2\sigma_a^2} + \frac{\omega^2 \cdot Z_{MPO}}{2\sigma_b^2 L_0}\right)\right\} \\ \times \int_0^\infty r \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_a^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_b^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sqrt{L_0}} \cdot r\right) \cdot I_0\left(\frac{\varepsilon}{\sigma_b^2} \cdot r\right) dr$$

を用いるようにしてもよい。

【0011】また、本発明にかかるプログラムは、通信装置内で多段接続された光ファイバ配線経路のうち、所望の光接続部における光接続損失を評価する光接続損失評価処理を、コンピュータに実行させるためのプログラムにおいて、コンピュータが読み取り可能な第1のデータベースに格納されている所望の光接続部に関する性能支配パラメータに基づいて、性能支配パラメータを持つ関数モデルから得られた所望の光接続部の損失分布と、コンピュータが読み取り可能な第2のデータベースに格納されている所望の光接続部以外の光接続部に関する既知の損失分布とを用いて、多段光接続全体の損失分布を算出し、その損失分布の平均と標準偏差とを算出する第1のステップと、コンピュータが読み取り可能な第3のデータベースに格納されている実験結果に基づき多段光接続全体の損失分布を算出し、その損失分布の平均と標準偏差とを算出する第2のステップと、上記各ステップで算出された2つの平均および標準偏差をそれぞれ比較

$$P(Z_{MPO}) = \frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sigma_b^2 \sqrt{L_0}} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{\varepsilon^2}{2\sigma_a^2} + \frac{\omega^2 \cdot Z_{MPO}}{2\sigma_b^2 L_0}\right)\right\} \\ \times \int_0^\infty r \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_a^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_b^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sqrt{L_0}} \cdot r\right) \cdot I_0\left(\frac{\varepsilon}{\sigma_b^2} \cdot r\right) dr$$

を用いて所望の光接続部の損失分布を算出するようにしてもよい。また、本発明にかかる記録媒体は、上記プログラムが記録された記録媒体である。

【0013】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施の形態にかかる光接続損失評価方法により装置内多段接続経路における光接続損失が評価される通信装置を示す説明図であり、前述の図9と同じまたは同様部分には同一符号を付してある。この通信装置1は、多段の光接続インタフェースから構成されている。ここでは、複数の光ファイバ配線接続経路のうち、評価対象となるバックパネル光インターフェースを構成するMPO形光コネクタ4と、従来の装置光インターフェースを構成するMU形光

を用いるようにしてもよく、光接続部がMPO形光コネクタの場合、前記関数モデルとして、
【数10】

し、これら2つの平均および標準偏差がそれぞれ一致するまで、所望の光接続部の性能支配パラメータを変更して前記第1のステップを実行して前記比較を繰り返し、2つの平均および標準偏差がそれぞれ一致した場合は、そのときの所望の光接続部の性能支配パラメータを記憶部へ格納する第3のステップとを実行させるようにしたものである。

【0012】さらに、第1のステップでは、光接続部がMU形光コネクタの場合、前記関数モデルとして、
【数11】

$$P_{mu}(Z_{MU}) = \frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \exp\left(-\frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \cdot Z_{MU}\right)$$

を用いて所望の光接続部の損失分布を算出するようにしてもよく、光接続部がMPO形光コネクタの場合、前記関数モデルとして、
【数12】

コネクタ7A、7Cとからなる配線接続経路が示されている。

【0014】バックパネル5に取り付けられMPO形光コネクタ4でのコネクタ挿抜は、光コネクタを多数個取り付けたボード3を装置前面側から挿入し、装置前面のイジクタ/インジェクタによってバックパネル5でMPO形光コネクタ4の挿抜を行う機構となっている。この結果、バックパネル構成や装置の運用状態によって、MPO形光コネクタ4の嵌合状態が変化し、通常、人手であれば無理な接続が回避できるにもかかわらず、無理な接続状態が発生し、良好な光接続が得られにくくなる。

【0015】一方、装置搭載をねらいとした光コネクタ開発では、装置取り付け時の光コネクタの性能が納入時

に行われたコネクタ試験の結果通りの性能が得られるかどうかを把握する必要がある。しかし、バックパネル5に取り付けられた光コネクタの単独評価は、装置内に複数枚ボード3を収容した場合には困難となり、実験的に得られる光接続損失分布は装置前面と装置背面に取り付けたMU形光コネクタ7A、7Cを含んだ光ファイバ配線経路での実験結果となる。

【0016】ここで、MU形光コネクタ7A、7Cを搭載した装置光インタフェースは、人手を介して接続が行われるため、無理なく光接続が行われ、工場出荷時の検査データとほぼ同一の結果が期待でき、光接続性能が把握できる。しかしながら、通信装置内蔵機構によって挿抜が行われるMPO形光コネクタ4では、工場出荷時データとは異なる結果が得られることが予想される。以下に、MPO形光コネクタのバックパネルハウジングの装置運用状態での光接続損失性能の評価・推定方法を説明する。

$$P(L_{total}) = \int_0^{L_{total}} \left(\int_0^{L_{subtotal}} P_{mu1}(Z_{MU1}) P_{mpo}(L_{subtotal} - Z_{MU1}) dZ_{MU1} \right) P_{mu2}(L_{total} - L_{subtotal}) dL_{subtotal}$$

【0021】一方、MU形光コネクタ光接続損失分布を決定づける性能支配パラメータの光ファイバ光軸位置ずれ量 σ を用いた接続損失分布関数は、数15で与えられる。但し、 L_0 は、光接続部での光伝送効率を損失量(dB)に変換して示す場合に現れる定数であり、 $L_0 = 4.34 (= 10 \log_{10} e)$: e は自然対数の底である。また、 ω はmode field radiusを示す。

【0022】

【数15】

$$P_{mu}(Z_{MU}) = \frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \exp\left(-\frac{\omega^2}{4\sigma^2 L_0} \cdot Z_{MU}\right)$$

$$P(Z_{MPO}) = \frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sigma_b^2 \sqrt{L_0}} \cdot \exp\left\{-\left(\frac{\varepsilon^2}{2\sigma_a^2} + \frac{\omega^2 \cdot Z_{MPO}}{2\sigma_b^2 L_0}\right)\right\} \\ \times \int_0^\infty r \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_a^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma_b^2}\right) \cdot I_0\left(\frac{\omega \sqrt{Z_{MPO}}}{\sigma_a^2 \sqrt{L_0}} \cdot r\right) \cdot I_0\left(\frac{\varepsilon}{\sigma_b^2} \cdot r\right) dr$$

【0025】ただし、 I_0 は第1種の0次変形ベッセル関数、 σ_a は一方のコネクタ(a側)の面内光軸偏心標準偏差、 σ_b は他方のコネクタ(b側)の光軸偏心標準偏差を表す。特に、同一性能の光ファイバ同士を嵌合させた場合には、 $\sigma_a = \sigma_b$ となる。したがって、数15と数16を数14に導入することによって、MU形光コネクタ7A、7CとMPO形光コネクタ4とで構成されるMU-MPO-MU形光コネクタ3段接続時の光接続損失分布が得られる。

【0026】このうち、MU形光コネクタ7A、7Cに

【0017】装置背面側のMU形光コネクタ7Aの接続損失、バックパネル5に取り付けられたMPO形光コネクタ4の接続損失、ならびに装置前面側MU形光コネクタ7Cの接続損失をそれぞれ Z_{MU1} 、 Z_{MPO} 、 Z_{MU2} とし、その合計接続損失 $L_{subtotal}$ 、 L_{total} を数13で表す。

【0018】

【数13】

$$L_{subtotal} = Z_{MU1} + Z_{MPO} \\ L_{total} = Z_{MU1} + Z_{MPO} + Z_{MU2}$$

【0019】このとき、それぞれの光接続損失分布 $P_{mu1}(Z_{MU1})$ 、 $P_{mpo}(Z_{MPO})$ 、 $P_{mu2}(Z_{MU2})$ とした場合、その合計接続損失分布は、数14で表現できる。

【0020】

【数14】

【0023】また、MPO形光コネクタ4には、光ファイバ端面間の面内偏心位置ずれと、斜め研磨された光ファイバ同士が嵌合し、光ファイバ同士が斜め方向にすべって生じる位置ずれがある。これら面内偏心位置ずれの標準偏差量 σ と斜め方向の位置ずれ ε とが、MPO形光コネクタの光接続性能支配パラメータとなる。MPO形光コネクタ2個のコネクタをa、bとした場合、これらの嵌合時における光接続損失分布 $P(Z_{MPO})$ は、数16のように表すことができる。

【0024】

【数16】

については、人手を介して接続されたアダプタと同等品で構成されているため、コネクタ単体での挿抜実験によって得られた接続損失分布とほぼ同一実験結果が得られることになる。図2にMU形光コネクタ単体の接続損失実験結果を示す。実験結果から得られた接続損失分布の平均と標準偏差を元に数15にあてはめ、MU形光コネクタの性能支配パラメータ σ を $0.34 \mu m$ と決定した。

【0027】次に、通信装置1内に収容されるボード3を10数枚抽出して、多心光コネクタが複数個搭載されたボード3の挿入抜去を繰り返し、図1と同じ光ファイ

バ接続経路でMU-MPO-MU形光コネクタ3段接続の接続損失測定試験を行う。この実験結果を図3に示す。この実験結果により、平均損失値 $\mu = 0.5 \text{ dB}$ 、標準偏差 $S = 0.23 \text{ dB}$ が得られた。

【0028】次に、図4、5を参照して、本実施の形態にかかる光接続損失評価方法について説明する。図4は本実施の形態にかかる光接続損失評価方法を実行するための光接続損失評価装置を示すブロック図、図5は本実施の形態にかかる光接続損失評価方法を示すフローチャートである。図4の光接続損失評価装置10は、全体としてコンピュータから構成され、演算処理部11、記録媒体12、プログラム13、記憶部（データベース）14、操作入力部15、および表示出力部16が設けられている。

【0029】演算処理部11は、CPUなどのマイクロプロセッサから構成され、操作入力部15からの処理開始指示に応じて、記録媒体12に予め記録されているプログラム13を読み込み、光接続損失評価の処理を行う。そしてその処理結果が表示出力部16で画面表示される。記憶媒体12としては、ハードディスク、CD-ROM、メモリなどが用いられる。記憶部14は、演算処理部11での処理に必要なデータや、実験で得られたデータを記憶するメモリであり、これらデータをデータベースとして格納している。

【0030】演算処理部11には、所定の光コネクタ性能支配パラメータに基づき多段光接続全体の損失分布を算出し、その平均と標準偏差とを算出する解析損失分布算出手段100、実験結果に基づき光コネクタの損失分布を算出し、その平均と標準偏差とを算出する実験損失分布算出手段110、およびこれら解析損失分布算出手段100と実験損失分布算出手段110とで得られた損失分布の平均と標準偏差とをそれぞれ比較することにより、実験結果と整合する新たな光コネクタの性能支配パラメータを抽出するパラメータ抽出手段120が設けられている。

【0031】また演算処理部11には、実験結果に基づき光コネクタ単体の損失分布を算出し、その光コネクタの性能支配パラメータを算出する単体実験パラメータ算出手段130、およびパラメータ抽出手段120と単体実験パラメータ算出手段130とで得られた光コネクタの性能支配パラメータをそれぞれ比較することにより、その光コネクタアダプタや装置構造の設計評価を行うパラメータ比較評価手段140が設けられている。なお、演算処理部11に設けられた上記各機能手段は、マイクロプロセッサなどのハードウェア資源とプログラムからなるソフトウェアとが協働することにより実現されている。

【0032】次に、図5を参照して、光接続損失評価の方法について説明する。まず、解析損失分布算出手段100では、解析対象となるMPO形コネクタの性能支配

パラメータ ϵ および σ との初期値を記憶部（第1のデータベース）14から読み取って（ステップ101）、MU-MPO-MU形光コネクタ3段光接続の光接続損失分布を示す光接続損失分布関数に代入し、多段接続全体の損失分布 $P(L_n)$ （但し、この例では $n=3$ ）を算出する（ステップ102）。このとき各MU形光コネクタに関する既知の損失分布については記憶部（第2のデータベース）14に格納されているものとする。そして、多段接続全体の損失分布の平均 μ と標準偏差 S を算出する（ステップ103）。

【0033】一方、実験損失分布算出手段110では、記憶部（第3のデータベース）14に格納されている実験結果に基づいて、MU-MPO-MU形光コネクタ3段光接続の光接続損失分布を示す接続損失分布関数から、多段接続全体の損失分布 $P_{exp}(L_n)$ を算出し（ステップ111）、その損失分布の平均 μ と標準偏差 S を算出する（ステップ112）。パラメータ抽出手段120では、上記のようにして解析損失分布算出手段100と実験損失分布算出手段110とで得られた損失分布の平均 μ と標準偏差 S を比較する（ステップ121）。

【0034】ここで、両者が不一致の場合は（ステップ121：NO）、MPO形コネクタの性能支配パラメータ ϵ および σ を新たに変更し（ステップ122）、解析損失分布算出手段100のステップ102へ戻る。これにより、新たな性能支配パラメータ ϵ および σ を用いた損失分布の平均 μ と標準偏差 S が解析損失分布算出手段100で算出される。一方、ステップ121において、両者がほぼ一致した場合は（ステップ121：YES）、解析と実験結果との損失分布が一致したと判断して、通信装置1内に搭載されたMPO形コネクタの性能支配パラメータ ϵ および σ を決定し（ステップ123）、その ϵ および σ を記憶部14へ記憶する（ステップ124）。

【0035】なお、ステップ121における比較については、所定の許容範囲をもって一致／不一致を判断している。この許容範囲は、例えば実験結果の測定誤差に基づき設定してもよい。これにより、両者の差が実験結果の測定誤差範囲内であれば、一致と判断される。このように、実験結果から既知となった各接続段の損失分布と、仮の性能支配パラメータから算出した未知の接続段における損失分布とから求めた総接続損失分布 P

(L_n) が、実験結果から既知となった総接続損失分布 $P_{exp}(L_n)$ に近似するように、仮の性能支配パラメータを選択するようにしたので、未知の接続段における損失分布すなわちMPO形光コネクタ4での光接続損失分布を評価することができる。

【0036】次に、単体実験パラメータ算出手段130では、MPO形光コネクタ4単体で行った挿入抜実験の結果に基づいて、MPO形光コネクタ4単体の損失分布 $P_{exp}(L_n)$ を算出し（ステップ131）、通信装置1

搭載前のMPO形コネクタの性能支配パラメータ ε と σ を決定する(ステップ132)。パラメータ比較評価手段140では、上記のようにしてパラメータ抽出手段120と実験単体パラメータ算出手段130とで得られた性能支配パラメータ ε と σ をそれぞれ比較する(ステップ141)。

【0037】そして、両者が一致した場合は(ステップ141: YES)、試作した通信装置における光コネクタアダプタを配列したバックパネルとボード搭載コネクタの挿抜機構メカニズムが良好であり、設計試作完了と判断される(ステップ142)。一方、両者が不一致の場合は(ステップ: NO)、その装置構造ならびに運用状態がコネクタ挿抜に悪影響を及ぼしたものの推測され、装置構造の再設計が望ましいと判断される(ステップ143)。

【0038】なお、ステップ141における比較については、所定の許容範囲をもって一致/不一致を判断している。この許容範囲は、例えば実験結果の測定誤差に基づき設定してもよい。これにより、両者の差が実験結果の測定誤差範囲内であれば、一致と判断される。このように、パラメータ抽出手段120で得られたMPO形光コネクタの性能支配パラメータを、実験で得られたMPO形光コネクタ単体での性能支配パラメータと比較するようにしたので、新規に開発した光コネクタの実使用状態で性能が把握可能となり、開発へのフィードバックを効率的に行うことができ、新規開発コネクタの性能向上に貢献することが可能となる。

【0039】図6は上記の解析で得られた平均接続損失分布、損失分布標準偏差と特定接続部の接続位置ずれ量 ε の関係を示す。実験で得られた接続損失分布の平均接続損失($\mu=0.50$ dB)および接続損失分布標準偏差($S=0.23$ dB)とから、そのコネクタ間位置ずれ量 $\varepsilon=0.23$ μ mが得られた。

【0040】図7は上記の解析で得られた平均接続損失分布、損失分布標準偏差と特定接続部の接続偏心標準偏差 S の関係を示す。実験で得られた平均接続損失分布の平均接続損失($\mu=0.50$ dB)および接続損失分布標準偏差($S=0.23$ dB)とから、そのコネクタ間接続偏心標準偏差 $\sigma=0.61$ μ mが得られた。この一致が見られる σ と ε は図5に示したフローチャートによる計算法によって、図中に示すように $\varepsilon=0.61$ μ mと決定された。

【0041】一方、人手により対マスタ接続による新規開発コネクタアダプタへの挿入抜去で得られたMPO形光コネクタ単体での接続損失分布では、性能支配パラメータ $\sigma=0.23$ μ mおよび $\varepsilon=0.60$ μ mが得られた。図8にこれらパラメータでの多段接続損失のヒストグラムを示す。得られた性能支配パラメータ σ 、 ε と、

装置内に収容した光接続部の性能支配パラメータ σ 、 ε とはほぼ同様の値を示しており、このことから、開発した光コネクタ用アダプタハウジングの接続損失分布は、装置内でも単体と同様の優れた結果が得られることが明らかとなった。

【0042】本発明による装置内多段光接続における一光接続部の抽出法を用いることにより、装置搭載時の光コネクタの性能が把握できるため、通信装置内での光コネクタ接続部の性能を把握できるとともに、装置搭載新規開発コネクタの開発指針を得ることができた。

【0043】以上では、各光コネクタ単体での接続損失分布の関数モデルとして、MU形光コネクタの関数モデルを数15に示し、MPO形光コネクタの関数モデルを数16に示した。これら光コネクタ単体での接続損失分布の関数モデルは、コネクタの構造とそのコネクタの性能支配パラメータに依存するため、一般化することは難しく、それぞれ個別に導出する必要がある。ここで、モデル関数の導出方法の事例として、ファイバ間の角度ずれが大きい構造の光コネクタに関する接続損失分布の関数モデルの導出を考えてみる。一般に、性能支配パラメータとして軸ずれ量 d 、角度ずれ量 θ を考慮し、光ファイバコア半径を a 、光の波長を λ 、規格周波数を V 、屈折率を n とした場合、シングルモード光ファイバの接続部における接続損失 Z は、数17で表される。

【0044】

【数17】

$$Z = L_0 \left\{ \left(\frac{d}{\omega_0} \right)^2 + \left(\frac{\pi \tilde{n} \omega_0 \theta}{\lambda} \right)^2 \right\}$$

$$\text{ただし、} \omega_0/a = 0.65 + 1.619/V^2 + 2.879/V^6$$

【0045】ここで、光ファイバ間の軸ずれ量が十分小さく、ファイバ間の角度ずれを低減することが難しい光コネクタでは、数17の右辺第1項を無視し、右辺第2項のみを考慮すればよい。また、角度ずれの発生確率は、数18のRayleigh分布に従うものとすれば、数17から導いた角度ずれ θ の式を数18に代入することにより、数19に示すように、ファイバ間の角度ずれが大きい構造の光コネクタに関する接続損失分布の関数モデルが得られる。

【0046】

【数18】

$$P(\theta) = \frac{\theta}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{\theta^2}{2\sigma^2}\right), \theta \geq 0$$

【0047】

【数19】

$$P(Z) = \frac{1}{\sigma^2} \left(\frac{\lambda}{\pi \tilde{n} \omega_0} \right) \sqrt{\frac{Z}{L_0}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} \cdot \left(\frac{\lambda}{\pi \tilde{n} \omega_0} \right)^2 \left(\frac{Z}{L_0} \right) \right\}$$

【0048】このように、光ファイバの接続部における接続損失 Z を示す式から得られた性能支配パラメータに関する式を、その性能支配パラメータの発生確率分布を示す数式に代入することにより、所望の光コネクタ単体での接続損失分布の関数モデルが導出される。

【0049】上記数17では、シングルモード光ファイバでの接続部における接続損失分布 Z を示したが、マルチモード光ファイバに適用してもよい。以下では、マルチモード光ファイバ内での伝搬損失による接続損失分布への影響を考慮しない場合について説明するが、マルチモード光ファイバ内での伝搬損失を考慮して、所望の光コネクタ単体での接続損失分布の関数モデルを導出してよい。マルチモード光ファイバのうちグレーテッド形光ファイバにおける軸ずれ、角度ずれを考慮した接続部

$$Z_b = -10 \log_{10} \left\{ 1 - \frac{2D}{\pi} (1 + 2\sigma) \left(\frac{3}{4 - 1.3\sigma/D} + \frac{8\sigma}{\pi D} \right)^{-1} \right\}$$

【0052】性能支配パラメータとしては、軸ずれや角度ずれのほか、接続する光ファイバ間の間隙を考慮してもよい。この場合も、上記と同様に所望の光コネクタ単体での接続損失分布の関数モデルを導出できる。なお、マルチモード光ファイバにおけるファイバ間隙 S を用いて表現した接続部の損失 Z を数22に示す。

【0053】

【数22】

$$Z = -10 \log_{10} \left(1 - \frac{S}{2d} NA \right)$$

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、既知の光接続損失分布 $P_{exp}(L_i)$ と、すべての光接続部を含む既知の総接続損失分布 $Q_{exp}(L_n)$ とに基づいて、 $Q_{exp}(L_n)$ に $Q(L_n)$ が一致するような $P_n(Z_n)$ を導出する性能支配パラメータ $\sigma_{(n,1)}, \sigma_{(n,2)}, \dots, \sigma_{(n,j)}$ を決定することにより、 m 段目の光接続部における光接続損失を評価するようにしたので、未知の接続段 m における光接続損失分布を評価することができる。これにより、新規に開発した光コネクタの実使用状態での性能が把握可能となり、開発へのフィードバックを効率的に行うことができ、新規開発コネクタの性能向上に貢献することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施の形態にかかる光接続損失評価方法により装置内多段接続経路における光接続損失が評価される通信装置を示す説明図である。

での損失について、定常モード励振の場合の損失 Z_a および一様励振の場合の損失 Z_b を、それぞれ数20および数21に示す。なお、各変数や定数については上述した数18と同じであり、 NA ：開口数とする。

【0050】

【数20】

$$Z_a = -10 \log_{10} \left\{ 1 - \frac{u^4 D^2}{8(u^2 - 4)} \right\}$$

ただし、 $D^2 = \left(\frac{d}{a} \right)^2 + \left\{ \frac{2\tilde{n} \tan(\theta/2)}{NA} \right\}^2$

【0051】

【数21】

【図2】 MU形光コネクタの接続損失の実験結果である。

【図3】 多段光ファイバ接続経路における光接続損失分布の測定結果である。

【図4】 本実施の形態にかかる光接続損失評価方法を実行するための光接続損失評価装置を示すブロック図である。

【図5】 本実施の形態にかかる光接続損失評価方法を示すフローチャートである。

【図6】 解析で得られた平均接続損失分布と損失分布標準偏差との関係を示す説明図である。

【図7】 解析で得られた平均接続損失分布と特定接続部の接続位置ずれ量 ε との関係を示す説明図である。

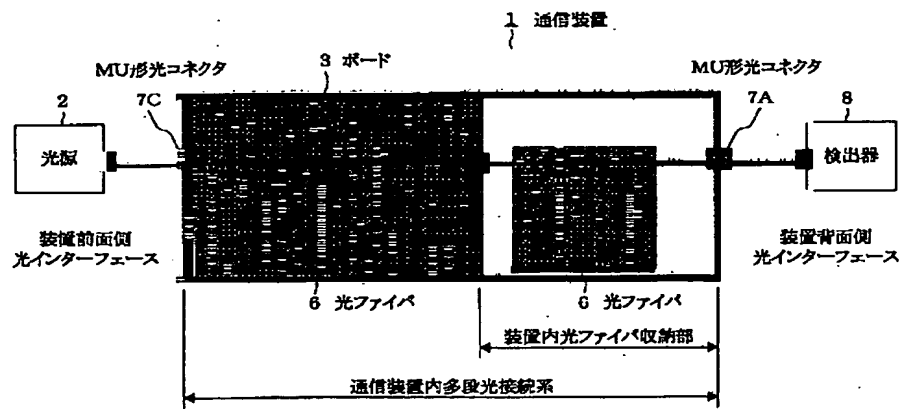
【図8】 解析で得られた多段接続損失のヒストグラムである。

【図9】 一般的な通信装置における光ファイバ配線経路を示す説明図である。

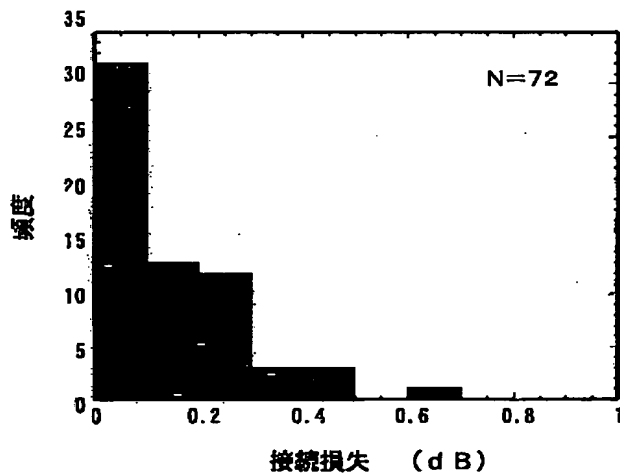
【符号の説明】

1…通信装置、2…光源、3…ボード、4…MPO形光コネクタ、5…バックパネル、6…光ファイバ、7A、7B、7C…MU形光コネクタ、8…検出器、10…光接続損失評価装置、11…演算処理部、100…解析損失分布算出手段、110…実験損失分布算出手段、120…パラメータ抽出手段、130…単体実験パラメータ算出手段、140…パラメータ比較評価手段、12…記録媒体、13…プログラム、14…記憶部、15…操作入力部、16…表示出力部。

【図1】

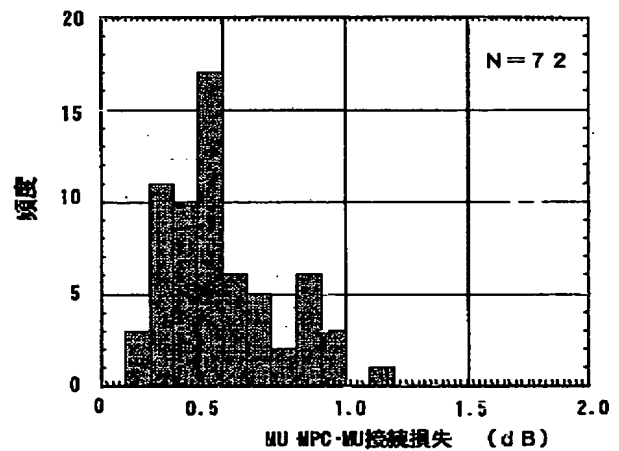


【図2】



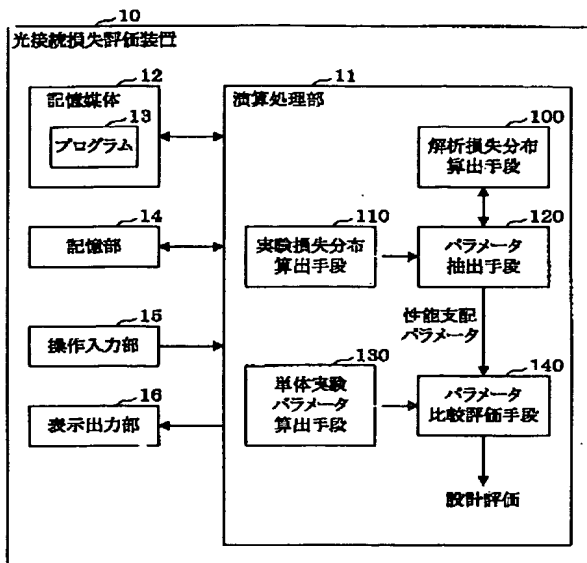
実験結果
平均損失値 $\mu=0.142\text{dB}$ 標準偏差 $\sigma=.138\text{dB}$

【図3】

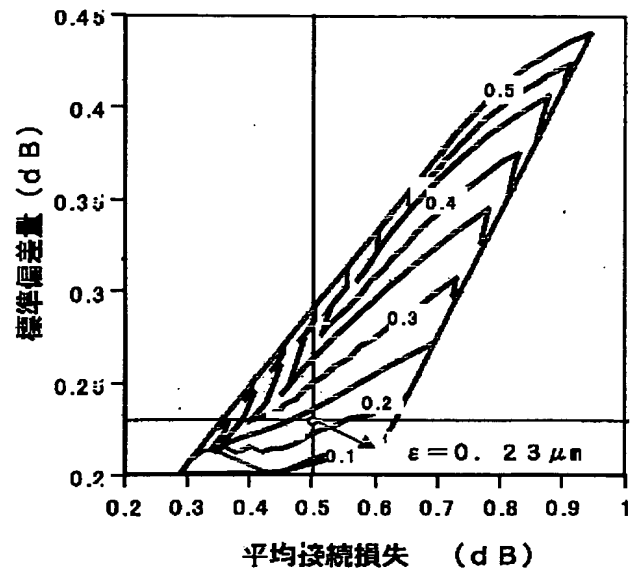


実験結果
平均損失値 $\mu=0.50\text{dB}$ 標準偏差 $\sigma=.23\text{dB}$

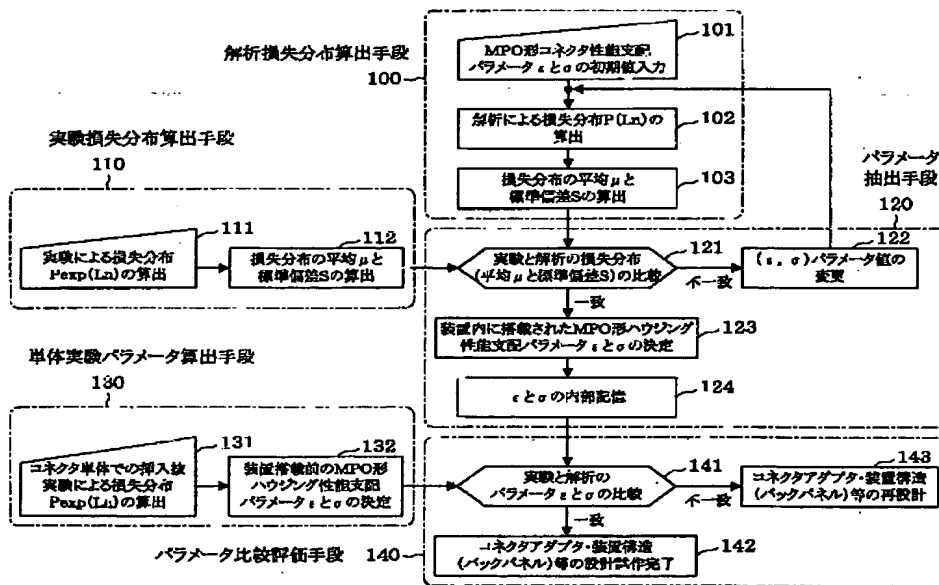
【図4】



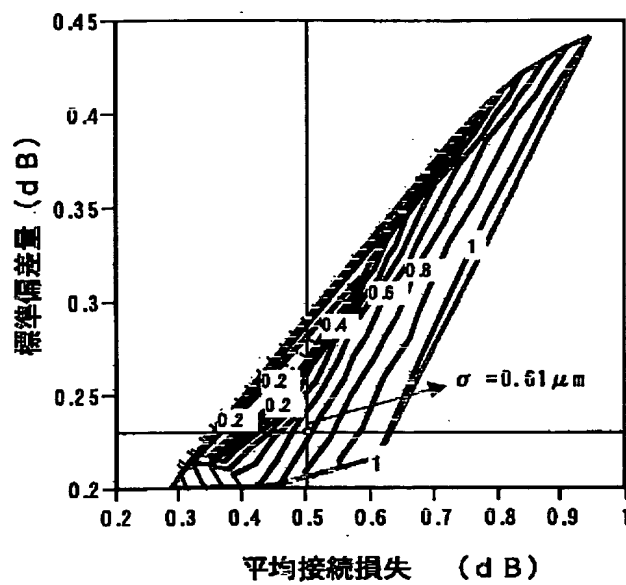
【図6】



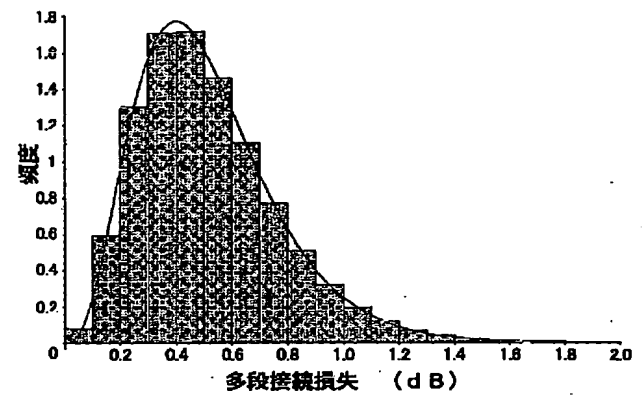
【図5】



【図7】



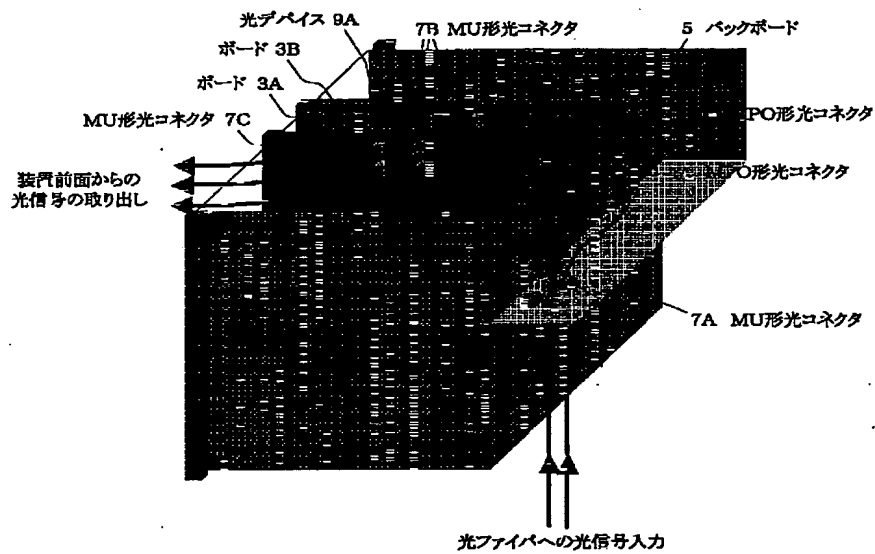
【図8】



解析による多段接続損失ヒストグラム

抽出されたパラメータ
 $(\sigma, \sigma) = (0.23 \mu\text{m}, 0.6 \mu\text{m})$

【図9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.